

Експериментальний доказ існування анаптох-процесу в аеротенках очисних споруд України

П.І.Гвоздяк, Л.І.Глоба, Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України, м. Київ

В.П.Демчина, Інститут газу НАН України, м. Київ

О.В.Сапура, Національний університет харчових технологій

М.В.Безкровна, Донецький національний університет, м. Донецьк

Останнім часом за рубежом надзвичайно інтенсивно вивчається і впроваджується новий технологічний процес видалення неорганічних сполук азоту з водного середовища – Анаптох (Anaerobic ammonium oxidation). З енергетичної, економічної та екологічної точок зору цей процес є набагато привабливішим від традиційної, класичної нітри-денітрифікації і тому має незаперечну перспективу.

У зв'язку з тим, що вперше Анаптох-процес було виявлено в Голландії в біологічних очисних спорудах і враховуючи загальновідомий факт убіквітарності бактерій, ми поставили перед собою завдання виявити Анаптох-процес в активованих мулах очисних споруд нашої держави.

З цією метою в аеротенки Бортницької станції аерації (м. Київ), біологічних очисних споруд міст Чернігова і Обухова (Київської обл.) та смт. Новий Світ (Донецька обл.) поміщали каркаси з волокнистими носієм ВІЯ для можливої іммобілізації на ньому Анаптох-бактерій. Після понад 15-добової інкубації в активованих мулах носій ВІЯ з біоплівкою в кількості 100 г на 1 дм³ середовища переносили в ПЕТ-пляшки місткістю від 0,5 до 6 дм³, добавляли поживне середовище, що містило (в мг/дм³ водопровідної води): NH₄Cl – 400; NaNO₂ – 500; NaHCO₃ – 1000; KH₂PO₄ – 450; K₂HPO₄ – 500. ПЕТ-пляшку з іммобілізованою на носіїв ВІЯ біомасою активованого мулу заповнювали на 4/5 об'єму поживним середовищем, натискали на бокові стінки пляшки до повного видалення з неї повітря, щільно закривали пробкою і поміщали в термостат при температурі 22 °С. Досліди ставили в 7-10 повторностях. Контролем служили такі ж ПЕТ-пляшки з відповідними іммобілізованими гідробіонтами та поживним середовищем, але 1) без NH₄Cl; 2) без NaNO₂; 3) без NH₄Cl та NaNO₂. Ставили також контроль з повним поживним середовищем і носієм ВІЯ, що не був у контакті з активованим мулом. Слідкували за інтенсивністю утворення біогазу в ПЕТ-пляшках.

В контрольних пробах газ не утворювався. В усіх експериментальних біореакторах (ПЕТ-пляшках) вже через 24 години спостерігалось накопичення біогазу. Найбільш інтенсивно газоутворення відбувалось з іммобілізованими на носіях ВІЯ гідробіоценозами з аеротенків Бортницької станції аерації та Чернігівських очисних споруд, дещо слабше – з Обухівських очисних споруд і найменше – зі споруд смт. Новий Світ.

Відсутність газоутворення в контрольних пробах (з іммобілізованою біомасою, але без відповідних неорганічних сполук азоту, а також без гідробіонтів) та наявність біогазу в пробах з NH₄⁺ та NO₂⁻ свідчило про присутність ANAMMOX-процесу.

Для підтвердження наявності саме такого процесу здійснювали газохроматографічний аналіз біогазів, що утворювалися. Аналіз проб газу проводили на газовому хроматографі 6890 N фірми Agilent в Інституті газу НАН України (м.Київ). Умови аналізу: детектор – катарометр; температура детектору – 200 °С, газ-носії – аргон. Аналіз легких газів проводили на колонці MOLSIV довжиною 15 м, вуглеводнів – на колонці PLOTQ довжиною 15 м. Зразки газу вводили безпосередньо у дозатор хроматографа. Здійснено понад двох десятків аналізів біогазу, що утворювався в перші 4-6 днів, через 3-4 тижні та через три місяці від початку дослідів.

Нижче наводимо повний склад біогазів одного з експериментів, що тривав 3 місяці. [табл. 1].

Результати газохроматографічного аналізу біогазів, що утворюються в процесах анаеробного окислення амонію, свідчать про те, що на початковій стадії експерименту відбувався типовий Анамтох-процес з абсолютно переважним утворенням азоту (понад 90 %). Через деякий час (3-4 тижні) відносна концентрація азоту в біогазі зменшується, а концентрація метану збільшується

Таблиця 1 - Склад біогазів (в % об'ємних) через різні проміжки часу після початку експерименту

Компоненти	Тривалість дослідів		
	5 діб	4 тижні	3 місяці
N ₂	94,75	42,60	10,87
CH ₄	1,53	51,23	83,06
CO ₂	1,19	3,72	3,75
H ₂ O	2,53	2,45	2,32

і під кінець процесу сягає більше 80%, тобто Анамтох-процес змінюється метаногенезом. Характерно, що при цьому концентрація діоксиду вуглецю не підвищується до рівня, притаманного типовому метагенезу (30-40 %) і рідко піднімається до 10 %, що можна пояснити тою обставиною, що в біореакторах розвиваються хемолітоавтотрофні Анамтох-бактерії, для яких CO₂ є джерелом вуглецю у структурному метаболізмі.

Таким чином, нами вперше експериментально доведено існування біологічного процесу окислення амонію в анаеробних умовах (Анамтох) гідробіоценозами активованих мулів ряду очисних споруд в різних регіонах України. Анамтох-процес дуже вигідний в енергетичному та екологічному відношеннях, бо, на відміну від широко використовуваного традиційного методу нітри-денітрифікації, потребує окислення тільки половини присутнього в стічних водах амонію і тільки до нітриту, а не до нітрату, що приводить до значної економії електроенергії на аерацію стоків, а також не вимагає внесення у стічну воду додаткової кількості органічних сполук, наприклад, метанолу, для забезпечення класичної гетеротрофної денітрифікації – окислення органіки нітратами з утворенням вільного азоту та вуглекислого газу. Крім того, при Анамтох-процесі не виділяється (як при денітрифікації), а, навпаки, поглинається діоксид вуглецю, що екологічно важливо.

Як відомо, Анамтох-бактерії дуже повільно розмножуються (період подвоєння складає від 10 до 20 діб), зате мають здатність до іммобілізації на

поверхнях твердих тіл. У зв'язку з цим можна вважати вкрай перспективними подальші дослідження адгезії відповідальних за Апаттох-процес бактерій до різноманітних носіїв, які варто було б розмістити в діючих аеротенках і таким чином забезпечити звільнення стічних вод від екологічно небезпечних неорганічних сполук азоту.